

Previous Doc Next Doc Go to Doc#
First Hit

Generate Collection

L1: Entry 37 of 48

File: DWPI

Sep 13, 2001

DERWENT-ACC-NO: 2001-626869

DERWENT-WEEK: 200240

COPYRIGHT 2004 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Thermal correction of measuring scale used in coordinate measuring system, involves calculating temperature gradient, based on temperature measured at different points on scale

INVENTOR: HABERMEHL, H

PATENT-ASSIGNEE:

ASSIGNEE	CODE
BROWN & SHARPE GMBH	BROWN

PRIORITY-DATA: 2000DE-1007540 (February 18, 2000)

Search Selected **Search ALL** **Clear**

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
<input type="checkbox"/> DE 10007540 A1	September 13, 2001		007	G01B021/04
<input type="checkbox"/> DE 10007540 C2	June 13, 2002		000	G01B021/04

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-NO	DESCRIPTOR
DE 10007540A1	February 18, 2000	2000DE-1007540	
DE 10007540C2	February 18, 2000	2000DE-1007540	

INT-CL (IPC): G01 B 21/04; G01 D 3/028; G12 B 7/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 10007540A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The temperature at different points on the scale is detected using temperature sensors (2-4). The thermal correction factor of scale is calculated, based on the coefficient of thermal expansion of scale and the temperature gradient that is calculated from sensor output.

USE - For calculating thermal correction factor of measuring scale used in coordinate measuring system measurement machines, processing machines.

ADVANTAGE - Accurate thermal correction factor is determined, by determining the temperature gradient of scale.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure shows temperature distribution of measuring scale.

Temperature sensors 2-4

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/5

TITLE-TERMS: THERMAL CORRECT MEASURE SCALE COORDINATE MEASURE SYSTEM CALCULATE TEMPERATURE GRADIENT BASED TEMPERATURE MEASURE POINT SCALE

DERWENT-CLASS: S02

EPI-CODES: S02-A06A; S02-K02B1; S02-K06A;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2001-467285

[Previous Doc](#) [Next Doc](#) [Go to Doc#](#)

[Previous Doc](#) [Next Doc](#) [Go to Doc#](#)
[First Hit](#)

[Generate Collection](#)

L1: Entry 33 of 48

File: EPAB

Sep 13, 2001

PUB-NO: DE010007540A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 10007540 A1

TITLE: Thermal correction of measuring scale used in coordinate measuring system, involves calculating temperature gradient, based on temperature measured at different points on scale

PUBN-DATE: September 13, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HABERMEHL, HEINZ-ECKHARD	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
BROWN & SHARPE GMBH	DE

APPL-NO: DE10007540

APPL-DATE: February 18, 2000

PRIORITY-DATA: DE10007540A (February 18, 2000)

INT-CL (IPC): G01 B 21/04; G01 D 3/028; G12 B 7/00

EUR-CL (EPC): G01D005/347; G01B005/00

ABSTRACT:

CHG DATE=20020503 STATUS=O>The temperature at different points on the scale is detected using temperature sensors (2-4). The thermal correction factor of scale is calculated, based on the coefficient of thermal expansion of scale and the temperature gradient that is calculated from sensor output.

[Previous Doc](#) [Next Doc](#) [Go to Doc#](#)



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 100 07 540 A 1**

(51) Int. Cl.⁷:
G 01 B 21/04
G 01 D 3/028
G 12 B 7/00

(21) Aktenzeichen: 100 07 540.1
(22) Anmeldetag: 18. 2. 2000
(23) Offenlegungstag: 13. 9. 2001

DE 100 07 540 A 1

(71) Anmelder:
Brown & Sharpe GmbH, 35578 Wetzlar, DE
(74) Vertreter:
Knefel, C., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 35578 Wetzlar

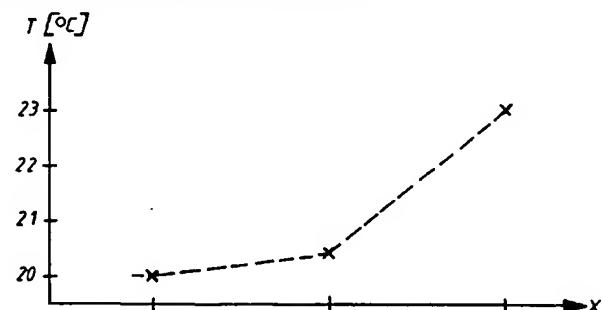
(72) Erfinder:
Habermehl, Heinz-Eckhard, Dr., 36341 Lauterbach,
DE
(56) Entgegenhaltungen:
DE 196 01 275 A1
DE 40 00 462 A1
JP 63-3 02 311 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren zur thermischen Korrektur eines Maßstabes in einem Koordinatenmesssystem

(55) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Korrektur eines Maßstabes in einem Koordinatenmesssystem, bei dem die Temperatur des Maßstabes an wenigstens zwei voneinander abständeten Messstellen erfasst wird, bei dem der oder die Temperaturgradienten des Maßstabes mit Hilfe eines Algorithmus bestimmt werden, und bei dem der oder die Temperaturgradienten bei der eigentlichen Messung mit dem Koordinatenmessgerät berücksichtigt werden.



DE 100 07 540 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Korrektur eines Maßstabes in einem Koordinatenmesssystem.

Hochpräzisionsmaßstäbe, wie sie zum Beispiel in Messmaschinen oder Bearbeitungsmaschinen verwendet werden, unterliegen, wie auch andere Bauteile in diesen Maschinen, thermischen Einflüssen.

In extremen thermischen Umgebungsbedingungen oder bei Vorhandensein von Wärmequellen in Maßstabsnähe entstehen längs des Maßstabes Temperaturgradienten, die dazu führen, dass das Ausdehnungsverhalten des Trägermaterials ortsabhängig ist.

Bei der Erfassung der Maßstabstemperatur mit nur einem Temperaturfühler an einer festen Stelle der Maßwerkkörperung ergeben sich fehlerhafte thermische Korrekturen des Ausdehnungsverhaltens. Es wird je nach Abweichung der lokalen Temperatur von der gemessenen Temperatur über- oder unterkompensiert.

Es ist bekannt, die Temperatur eines Maßstabes in einem Koordinatenmesssystem mit mehreren Messfühlern zu erfassen und eine einfache Mittelwertbildung über die gemessenen Temperaturen vorzunehmen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass hierbei lokale Fehler entstehen, wenn die gemittelte Temperatur von den lokalen Temperaturen abweicht. Insbesondere bei neueren preiswerten Maßstabssystemen aus Metallbändern oder anderen Materialien mit großem Ausdehnungskoeffizienten sind diese Effekte nicht zu vernachlässigen.

Ist die Temperaturverteilung eines Maßstabes derart, dass in einem Bereich der Temperaturgradient sehr niedrig liegt und in einem anderen Bereich der Temperaturgradient sehr hoch liegt, wird sich der Maßstab in dem Bereich mit dem niedrigen Temperaturgradienten lokal weniger ausdehnen als in dem Bereich mit dem hohen Temperaturgradienten.

Das der Erfindung zugrunde liegende technische Problem besteht darin, ein Verfahren anzugeben, bei dem ungleichförmige Ausdehnungen eines Maßstabes in einem Koordinatenmesssystem erfasst und korrigiert werden.

Dieses technische Problem wird dadurch gelöst, dass die Temperatur des Maßstabes an wenigstens zwei voneinander beabstandeten Messstellen erfasst wird, dass der oder die Temperaturgradienten des Maßstabes mit Hilfe eines Algorithmus bestimmt werden, und dass der oder die Temperaturgradienten bei der eigentlichen Messung mit dem Koordinatenmessgerät berücksichtigt werden.

Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass durch die Bestimmung der Temperaturgradienten oder thermischen Korrekturwerte eine Genauigkeitserhöhung erzielt wird.

Die Sensoren sind an dem Maßstab, in der Nähe des Maßstabes, an dem Träger des Maßstabes oder an der Struktur des Koordinatenmessgerätes angeordnet.

Es sind wenigstens zwei Temperatursensoren vorgesehen, die voneinander beabstandet angeordnet sind. Das Verfahren kann bei allen Koordinatenmeßgeräten, die Linearachsen enthalten, ebenso wie bei Koordinatenmessgeräten mit Parallelstrukturen, beispielsweise in Hexapodenbauweise eingesetzt werden.

Zur Bestimmung der Temperaturgradienten wird zwischen den Sensorpositionen eine Interpolation durchgeführt. Es kann sich hierbei um eine lineare Interpolation, Spline-Interpolation oder eine sonstige an sich bekannte Interpolation handeln.

Außerhalb der äußersten Messsensoren werden die Temperaturgradienten vorteilhaft extrapoliert. Hierzu wird zwischen den Messsensoren eine Interpolation durchgeführt. Darüber hinaus wird extrapoliert, um auch noch in den

Randbereichen des Maßstabes einen Temperaturgradienten zu erhalten, insbesondere wenn der oder die Temperatursensoren nicht unmittelbar an den Enden des Maßstabes angeordnet sind.

5 Gemäß der Erfindung wird vorteilhaft die ortsabhängige Temperaturverteilung zum Zeitpunkt der Aufnahme der positionsabhängigen Maßstabskorrektur gemessen und mit elektronischen Speichermedien festgehalten. Die Maßstäbe werden vor dem ersten Einsatz vor Ort einer Kalibrierung, 10 zum Beispiel mit einem Laserinterferometer, unterzogen. Es wird hierbei eine Korrekturtabelle erstellt, welche gemäß der Erfindung mit den ermittelten Temperaturgradienten gekoppelt wird.

Zum einen besteht hierbei die Möglichkeit, die ortsabhängige Temperaturverteilung bei der Korrektur des Maßstabes aufzunehmen, abzuspeichern und später bei der eigentlichen Messung zu berücksichtigen. Dies entspricht quasi einer Offline-Korrektur.

Es ist jedoch auch möglich, eine Umrechnung auf eine 20 homogene Temperaturverteilung bei der Aufnahme der Maßstabskorrektur vorzunehmen. Das bedeutet, dass der Maßstab bezüglich seines Ausdehnungsverhaltens beispielweise auf eine Temperatur von 20°C zurückkorrigiert wird. Bei der eigentlichen Messung werden diese Korrekturwerte verwendet.

Vorteilhaft werden die Stützstellenabstände bei der Berechnung den lokalen Temperaturgradienten angepasst. Die Abstände der Temperatursensoren müssen nicht unbedingt äquidistant ausgebildet sein. Ist beispielsweise in der Nähe 30 des Maßstabes eine Wärmequelle angeordnet, können in diesem Bereich mehrere Temperatursensoren vorgesehen sein.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist auch bei Maßstäben einsetzbar, bei denen der Fixpunkt am Träger nicht mit dem 35 Maßstabsnullpunkt übereinstimmt. Dies kann insbesondere bei langen Maßstäben der Fall sein.

Vorteilhaft erfolgt die Erfassung der Temperaturen am Maßstab und die Neuberechnung des oder der Temperaturgradienten oder der Korrekturwerte periodisch nach einem 40 Zeitintervall. Dieses Zeitintervall ist vorteilhaft der zeitlichen thermischen Veränderung der Umgebung dynamisch angepasst.

Gemäß der Erfindung ist es auch möglich, anstelle der Interpolation des Temperaturwertes zwischen zwei Stützstellen eine Bestimmung der Korrekturwerte an den einzelnen Stützstellen vorzunehmen und anschließend eine Interpolation der Korrekturwerte zwischen den einzelnen Stützstellen durchzuführen.

Die Berechnung der thermischen Ausdehnung dl an der 50 Stelle x_0 vom Nullpunkt im Maßstab wird bestimmt durch das Integral

$$dl = \int_0^{x_0} \alpha(x) \cdot (T(x) - T_0) dx ,$$

wobei

T_0 = Referenztemperatur,
 $\alpha(x)$ = Ausdehnungskoeffizient (ortsabhängig)

60 ist.

Bei konstantem Ausdehnungskoeffizienten $\alpha(x) = \alpha$ des Trägermaterials über die gesamte Länge ergibt sich:

$$65 dl = \alpha \cdot \int_0^{x_0} (T(x) - T_0) dx .$$

Durch entsprechende Summendarstellung dieses Inte-

grals lässt sich die Längenabweichung dl am Ende des Maßstabes bestimmen

$$dl = \sum_{i=1}^N \alpha(x_i) \cdot (T(x_i) - T_0) dx_i$$

mit

$dx_i = L/N$ bei konstantem dx_i ,

wobei

$N = \text{Anzahl } dx_i$,
 $L = \text{Maßstabslänge}$

ist.

Bei homogenem Ausdehnungsverhalten ($\alpha(x_i) = \alpha$) gilt entsprechend:

$$dl = \alpha \sum_{i=1}^N (T(x_i) - T_0) dx_i .$$

Das Modell zerlegt den Maßstab in Elemente der Länge dx_i und bestimmt eine mittlere Temperatur $T(x_i)$ in jedem einzelnen Element gemäß der aktuellen Temperaturverteilung.

Die Temperaturverteilung $T(x_i)$ wird vorteilhaft durch mehrere Temperaturfühler entlang des Maßstabes erfasst. Erfahrungsgemäß reichen schon drei Fühler aus, die am Anfang, in der Mitte und am Ende des Maßstabes angeordnet sind. Bei Positionen zwischen zwei Fühlerpositionen wird der aktuelle Temperaturwert $T(x_i)$ aus den Werten der beiden benachbarten Fühler interpoliert. Eine lineare Interpolation reicht im Allgemeinen aus, aber auch andere Interpolationsarten sind möglich, wie Polynome höherer Ordnung, Splines und so weiter. Temperaturen an Punkten außerhalb der beiden Endfühler des Maßstabes lassen sich extrapoliieren.

Im Normalfall ist dx_i der Stützstellenabstand der geometrischen Maßstabskorrektur. Die Länge dx_i der Stützstellenabstände kann aber auch dem lokal vorhandenen Gradienten angepasst werden. Das bedeutet, dass im Bereich großer Gradienten dx_i kleiner gewählt wird.

Die Abweichung an der Stützstelle mit Index k auf dem Maßstab vom Nullpunkt aus gesehen ist:

$$dl = \alpha \sum_{i=1}^k (T(x_i) - T_0) dx_i .$$

Das heißt, dass durch Aufsummieren der Einzelabweichungen jedes Elementes dx_i bis zur Stützstelle mit dem Index k sich jeweils die gesuchte thermische Abweichung an dieser Position gegenüber dem Maßstabsnullpunkt ergibt. Der Maßstabsnullpunkt ist gleich dem Fixpunkt des Maßstabträgers auf der Maschinenstruktur.

Da beim Aufnehmen der Maßstabskorrektur auch schon eine Temperaturschichtung vorhanden sein kann, hat T_0 keinen konstanten Wert, sondern ebenfalls eine ortsabhängige Verteilung $T_0(x)$. Unter Berücksichtigung dieser Verteilung ergibt sich

$$dl(k) = \alpha \sum_{i=1}^k (T(x_i) - T_0(x_i)) dx_i .$$

Bei Maßstäben, die nur an einer Stelle mit der Maschinenstruktur verbunden sind, können sich die Teile links und rechts vom Fixpunkt frei ausdehnen. Liegt der Fixpunkt des Maßstabes nicht im Maßstabsnullpunkt, muss ab dem Index k_0 des Elementes dx_i , in dem der Fixpunkt liegt, bis zum Ele-

ment mit dem Index k vorzeichenrichtig aufsummiert werden (Nullpunktswanderung).

$$dl(k) = \alpha \sum_{i=k_0}^k (T(x_i) - T_0(x_i)) dx_i .$$

Vorzeichenrichtig heißt, wenn $k_0 < k$, dann wird $dl(k)$ positiv, wenn $k_0 > k$, dann wird $dl(k)$ negativ.

Auch ein ungleichförmiger Ausdehnungskoeffizient $\alpha(x)$ des Trägermaterials, zum Beispiel durch verschiedene Materialien im Maßstabshalter, lässt sich bei der Berechnung in ähnlicher Weise wie die Temperaturverteilung berücksichtigen.

Bei inhomogenen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha(x_i)$ wird

$$dl = \sum_{i=k_0}^k \alpha(x_i) \cdot (T(x_i) - T_0(x_i)) dx_i .$$

Durch Auswertung der oben stehenden Summenformel und der Erfassung der Temperaturverläufe $T(x)$ und $T_0(x)$ lassen sich die lokalen Abweichungen an den Stützstellen mit ausreichender Genauigkeit bestimmen. Die berechneten thermischen Korrekturwerte an den Stützstellen können auf die normalen Maßstabskorrekturwerte zur Positions korrektur aufaddiert werden oder aber als eigene Tabelle im Rechner abgelegt sein.

Bei der Berechnung der Maschinenkorrektur werden sie mit verrechnet, wobei bei Positionen zwischen zwei Stützstellen interpoliert wird.

Die Abfrage der Temperaturfühler und Neuberechnung der aktuellen thermischen Korrekturwerte gemäß dem oben beschriebenen Algorithmus erfolgt jeweils nach einem bestimmten Zeitintervall, zum Beispiel drei Minuten, das der thermischen Veränderung der Umgebung vorteilhaft angepasst ist.

Weitere Einzelheiten der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden.

Auf der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, und zwar zeigen:

Fig. 1 eine Temperaturverteilung entlang eines Maßstabes;

Fig. 2 die Temperaturausdehnung eines Maßstabes bei konstantem Ausdehnungskoeffizienten;

Fig. 3 ein Modell eines Maßstabes, der in einzelne Abschnitte mit jeweils einer mittleren Temperatur unterteilt ist;

Fig. 4 einen Maßstab, dessen Fixpunkt im Maßstabsnullpunkt liegt;

Fig. 5 einen Maßstab, dessen Fixpunkt von dem Maßstabsnullpunkt abweicht.

Fig. 1 zeigt einen Maßstab (1) mit Temperaturfühlern (2, 3, 4).

Gemäß der in Fig. 1 dargestellten Grafik weist der Maßstab (1) einen Temperaturgradienten auf, das heißt, die Temperaturfühler (2, 3, 4) erfassen unterschiedliche Temperaturen.

Die Berechnung der thermischen Ausdehnung dl an der Stelle x_0 vom Nullpunkt im Maßstab wird bestimmt durch das Integral

$$dl = \int_0^{x_0} \alpha(x) \cdot (T(x) - T_0) dx ,$$

wobei

T_0 = Referenztemperatur,

$\alpha(x)$ = Ausdehnungskoeffizient (ortsabhängig)

ist.

Gemäß Fig. 2 weist der Maßstab unterschiedliche Ausdehnungen auf. Der Maßstab (1) besitzt gemäß Fig. 2 einen konstanten Ausdehnungskoeffizienten $\alpha(x)$. Entspricht die Temperatur (T) des Maßstabes (1) der Referenztemperatur T_0 , weist der Maßstab die Länge (L) auf. Besitzt der Maßstab (1) eine Temperatur (T), welche größer als die Referenztemperatur T_0 ist, weist der Maßstab die Länge (L') auf, wobei

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot (T - T_0).$$

Die thermische Ausdehnung (dl) bestimmt sich in diesem Fall folgendermaßen:

$$dl = \alpha \cdot \int_0^{x_0} (T(x) - T_0) dx.$$

Wie bereits ausgeführt, lässt sich durch die entsprechende Summandendarstellung dieses Integrals die Längenabweichung (dl) am Ende des Maßstabes bestimmen

$$dl = \sum_{i=1}^N \alpha(x_i) \cdot (T(x_i) - T_0) dx_i$$

mit $dx_i = L/N$ bei konstantem dx_i . Bei homogenem Ausdehnungsverhalten ($\alpha(x_i) = \alpha$) gilt entsprechend

$$dl = \alpha \sum_{i=1}^k (T(x_i) - T_0) dx_i.$$

Das Modell zerlegt den Maßstab in Elemente der Länge dx_i und bestimmt eine mittlere Temperatur $T(x_i)$ in jedem einzelnen Element gemäß der aktuellen Temperaturverteilung, wie sie in Fig. 3 dargestellt ist.

Die obere Darstellung in Fig. 3 zeigt den Fall, dass gleiche Temperaturen pro Abschnitt vorherrschen. Die untere Darstellung in Fig. 3 betrifft den Fall, dass ungleiche Temperaturen pro Abschnitt vorherrschen.

Gemäß Fig. 4 ist der Maßstab (1) mit einem Fixpunkt (5) mit einer Maschinenstruktur (nicht dargestellt) verbunden. Gemäß Fig. 4 fällt der Fixpunkt (5) mit einem Nullpunkt (6) des Maßstabes (1) zusammen. In diesem Fall kann sich der Maßstab (1) rechts und links des Fixpunktes (5) frei ausdehnen. Da im vorliegenden Fall gemäß Fig. 4 der Fixpunkt (5) mit dem Maßstabsnullpunkt (6) zusammenfällt, ist lediglich der Teil dl bezüglich der Ausdehnung relevant.

Gemäß Fig. 5 ist der Maßstab (7) mit einem Fixpunkt (8) an einer Maschinenstruktur (nicht dargestellt) befestigt. Der Fixpunkt (8) fällt nicht mit dem Maßstabsnullpunkt (9) zusammen. In diesem Fall bestimmt sich die Längenausdehnung (dL) folgendermaßen:

$$dL = dL' + dL''.$$

In diesem Fall muss ab dem Index k_0 des Elementes $d(x)$, in dem der Fixpunkt liegt, bis zum Element mit dem Index k vorzeichenrichtig aufsummiert werden. Man erhält hier eine Nullpunktswanderung, die durch die Strecke (10) dargestellt ist.

Bezugszahlen

1 Maßstab

2, 3, 4 Temperaturfühler

5 Fixpunkt

6 Maßstabsnullpunkt

7 Maßstab

8 Fixpunkt

9 Maßstabsnullpunkt

5 10 Strecke der Nullpunktswanderung

Patentansprüche

1. Verfahren zur thermischen Korrektur eines Maßstabes mit einem längs des Maßstabes konstanten oder variablen Ausdehnungskoeffizienten $\alpha(x)$ in einem Koordinatenmesssystem, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Maßstabes (1) an wenigstens zwei voneinander beabstandeten Messstellen (2, 3, 4) erfasst wird, dass der oder die Temperaturgradienten des Maßstabes (1) mit Hilfe eines Algorithmus bestimmt werden, dass der oder die Temperaturgradienten und/oder thermische Korrekturwerte, die aus dem oder den Temperaturgradienten und dem Ausdehnungskoeffizienten $\alpha(x)$ berechnet werden, bei der eigentlichen Messung mit dem Koordinatenmessgerät berücksichtigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Temperaturgradienten zwischen den wenigstens zwei Messstellen (2, 3, 4) durch Interpolation bestimmt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Interpolation eine lineare Interpolation oder eine Spline-Interpolation verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperaturgradient außerhalb wenigstens einer Messstelle (2, 4) extrapoliert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die ortsabhängige Temperaturverteilung zum Zeitpunkt der Aufnahme der positionsabhängigen Maßstabskorrektur gemessen, gespeichert und bei der eigentlichen Messung berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass aufgrund der Temperaturgradienten und Ausdehnungskoeffizienten eine ortsabhängige Ausdehnung entlang des Maßstabes (1) bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlauf der Ausdehnung mit elektronischen Speichermédien festgehalten wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Maßstabskorrektur die Temperaturen erfasst und der oder die Temperaturgradienten mittels eines Algorithmus bestimmt werden, dass die Ausdehnung des Maßstabes (1) auf eine homogene Temperaturverteilung umgerechnet und bei der eigentlichen Messung berücksichtigt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stützstellenabstände der Messstellen (2, 3, 4) an den oder an die lokalen Temperaturgradienten angepasst werden.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassung der Temperaturen an den wenigstens zwei Messstellen (2, 3, 4) und die Berechnung der Temperaturgradienten und/oder der thermischen Korrekturwerte periodisch nach einem Zeitintervall erfolgen.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Zeitintervall zur Abfrage und Berechnung der Temperaturgradienten und/oder der thermischen Korrekturwerte der zeitlichen thermischen Veränderung der Umgebung dynamisch angepasst wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein inhomogenes Ausdehnungsverhalten des

Maßstabes (1) bei der Berechnung der thermischen Korrekturwerte berücksichtigt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die thermischen Korrekturwerte mit elektronischen Speichermedien gespeichert werden. 5

14. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Maßstabes (1) an wenigstens zwei voneinander abeinstimmenden Messstellen (2, 3, 4) erfasst wird, dass an den einzelnen Messstellen Korrekturwerte bestimmt werden, und dass zur Berechnung der thermischen Maßstabskorrektur diese Korrekturwerte zwischen den Messstellen (2, 3, 4) interpoliert werden. 10

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

THIS PAGE LEFT BLANK

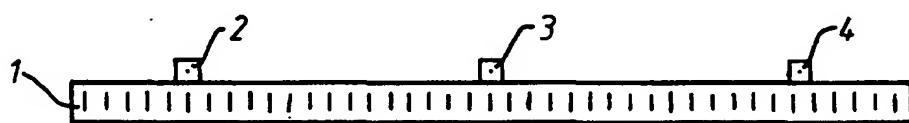
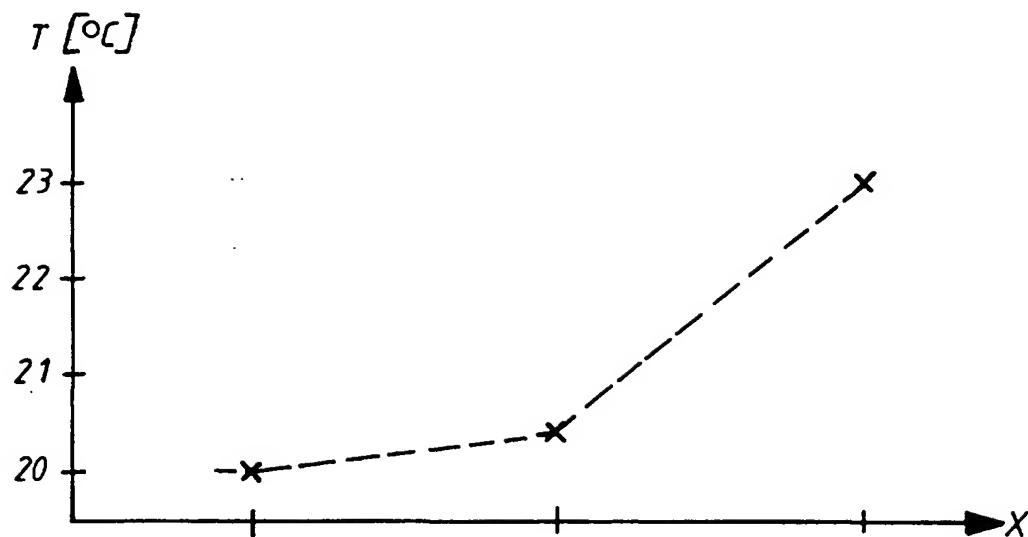


Fig. 1

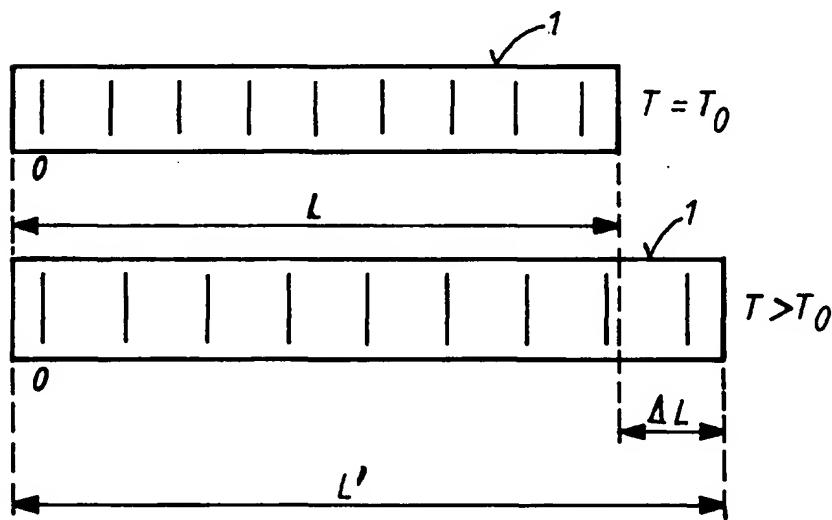


Fig. 2

